

Rozovicsné Fehér Krisztina

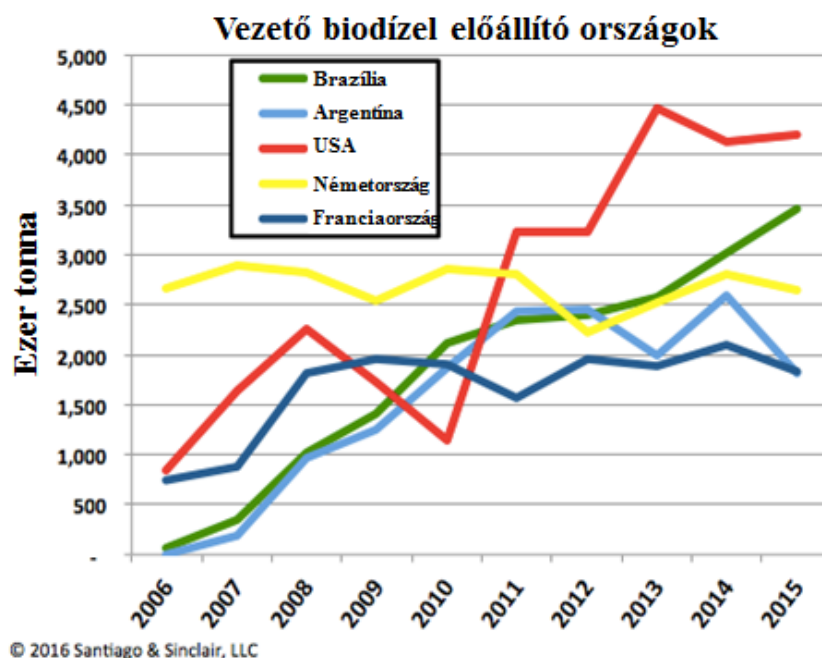
BIODÍZEL ELŐÁLLÍTÁSA HALOLAJBÓL BRAZÍLIÁBAN

Dél-Amerika legnagyobb országa bioüzemanyag előállításával próbálja magát függetleníteni a külföldi importtól. Pár évvel ezelőttig különféle magvakból illetve cukornádból hoztak létre biodízelt és bioetanolt, majd figyelmük a halolaj felé fordult. Braziliában nagy mennyiségű tilápiát tenyésztenek csak a filé részéért, így a halak többi testrésze ipari hulladékként végezte. Kutatásokba kezdtek brazil egyetemeken, hogy lehet-e és ha igen akkor hogyan hasznosítani a megmaradt belsőégeket, úszókat, bőrt és pikkelyeket, amelyek eddig kidobásra lettek ítélve. Különböző fizikai, kémiai paraméterek mérésével, elemzésével arra a következtetésre jutottak, hogy biodízel alapanyagként szolgálhat a tilápia különböző részeiből kinyert halolaj. Ezen technológia bevezetésével kevesebb hulladékkal szennyezik a környezetet, miközben alternatív üzemanyagot hoznak létre.

Kulcsszavak: bioüzemanyag, biodízel, tilápia, halolaj

A fosszilis energiahordozókra épülő világunk energiaéhsége folyamatosan nő, amelyet apadó mennyiségű ásványkincseink lassan nem tudnak már kielégíteni, így a tudománynak a megújuló és az alternatív energiaforrások kutatása felé kell fordulnia, melynek – például akár a repülésre vonatkozóan is – hazánkban szintén fellelhető szakirodalma [1]. Egyik lehetőségként a bioüzemanyagok, azon belül is a biodízel merül fel, amelyet önmagában vagy keverve is felhasználható különböző hajtóművekben. Ez a tüzelőanyag, eredetét tekintve három csoportra osztható:

- növényi (szója, napraforgó, repce, ricinusmag, pálma);
- állati (marhafaggyú, szárnyasokból kinyert zsír);
- használt sütőzsiradékok.



1. ábra A világ vezető biodízel előállító országainak termelése. **Error! Reference source not found.**

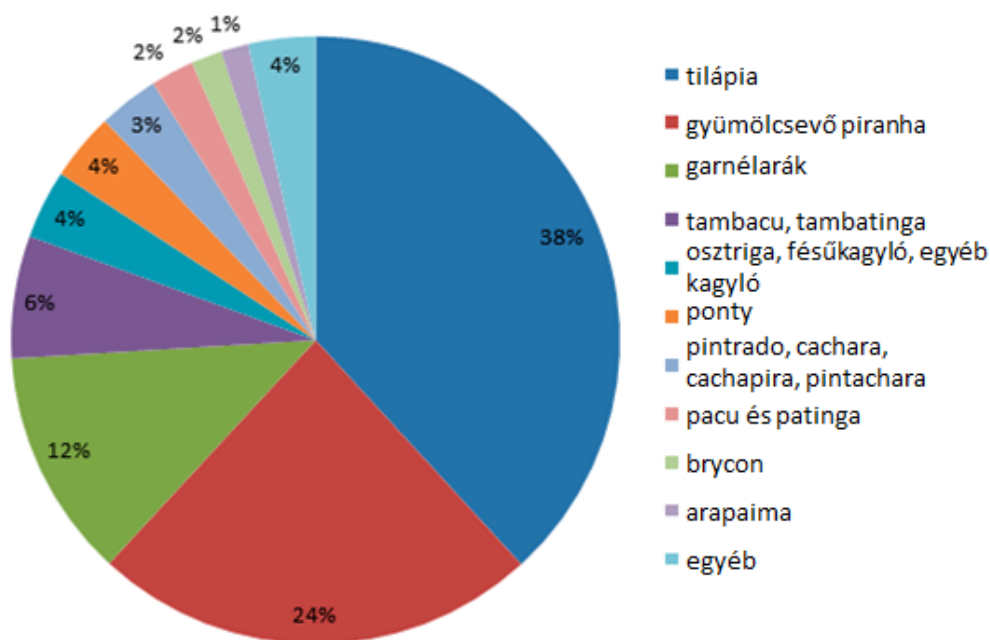
A hagyományos üzemanyaggal szemben, a biodízel motorban történő elégetésekor az égéstermékben jelen lévő lebegő szemcsék száma 50%-kal, míg a kén tartalom 98%-kal kevesebb [2]. További előnyként sorolható fel, hogy előállításához nem kellene évmilliók, mint a fosszilis tüzelőanyagok esetében, bár etikailag kifogásolható, hogy ehhez alapanyagként növényeket és állatokat termeljenek, illetve tenyésztenek, hiszen ezek emberi ételmezésre is felhasználhatók lennének. Az 1. ábra a világ vezető biodízelt előállító országainak termelését mutatja be 2006–2015 időszakban, melyek között másodikként Brazília szerepel.

Brazília és a biodízel

Dél-Amerika legnagyobb kiterjedésű országa biodízel üzemanyag előállításával próbálja magát függetleníteni az olaj importtól, amely alapanyagaként eddig főként olajos magvak szolgáltak. Kutatások során azonban rájöttek, hogy alternatív üzemanyag nyersanyagaként a halolaj is felhasználható.

A növényi olajok mellett ennek a folyékony szerves vegyületnek nem csak az összetétele (hosszú szénláncú zsírsavakat tartalmaz), hanem a bőségesen rendelkezésre álló mennyisége miatt is potenciális alapanyag lehet [4]. Előnyei között sorolható fel, hogy biológiailag lebomló, nem mérgező olaj, aminek előállításához nem kell ételmezésre szánt területeket elvenni az állatok és növények elől, hiszen a tilápia étkezésre, egyéb felhasználásra alkalmatlan (belsősegek, úszó, fej, bőr, pikkely, stb.) kidobásra ítélt részeiből, ez idáig ipari hulladékból lett [2].

A tilápia közel száz sügér faj összefoglaló neve. Főleg édesvizekben élnek, és elterjedésüket elősegíti, hogy képesek alkalmazkodni a különböző víz minőségekhez és hőmérsékletekhez, számos betegségnek ellenálló faj és ezen tulajdonságai mellett gyorsan fejlődik. Filéje közkedveltnek számít a halfogyasztók körében, ízletes fehér húsának és a benne található kevés szálkának köszönhetően. Brazíliában 2013-ban 250 000 tonnát fogtak ki belőle, és 2015-ös adatok szerint (2. ábra) különböző halfarmokon folyó haltenyésztés 38%-át a tilápia adta [2].



2. ábra Haltenyésztés eloszlása fajonként Brazíliában. **Error! Reference source not found.**

Paraná állam Brazília ötödik legnagyobb haltenyésztője, termelésének 75%-át a tilápia teszi ki. Itt van a székhelye a COPACOL (Concolata Agro Industrial Cooperative) vállalatnak is, amely napi 20 tonna halat képes feldolgozni, de ezt a mennyiséget fel tudja emelni akár 50 tonnára is. Ennyi feldolgozott hal (a filéje körülbelül a hal tömegének 30%-át teszi ki) után a maradványok mértéke igen számottevő, amelyet nem megfelelő kezelés nélkül elhelyezni környezetkárosító hatású. 2014-es adatok szerint a nem élelmezésre szánt halrészek 68%-át takarmányozásra szánták, 23%-át hulladéklerakóban helyezték el, míg a maradék 9%-ot visszaöntötték a folyókba. Kutatásokkal bizonyították, hogy e fel nem használt részek többségéből előállítható olyan halolaj, amely alapanyagként szolgálhat a biodízel előállításához. Erről ad tájékoztatást az alábbi, 1. táblázat.

Halrész	Olaj tartalom [%]	C.V. ¹ [%]	M.S.D. ²
belsőségek	22,02	13,52	2,05
fejek	9,23	1,04	0,06
vegyes	6,12	55,17	2,49
úszók	4,33	24,09	0,73
bőr	0,00	0,00	0,00
pikkelyek	0,00	0,00	0,00

1. táblázat Különböző halrészek olajtartalma. [3]

Jól látható, hogy a belsőségek tartalmazzák a legtöbb olajat, amely a hal tömegének 7,5–15%-át teszi ki, mégis a belőle nyert olaj 35–40%-a a maradványokból kinyertnek. Mennyisége függ a hal fejlettségétől és a termelési rendszertől is. [2]

Halolajból bioüzemanyag

Különböző vizsgálatokat végeztek Brazíliában a halolaj biodízelné váló hasznosítására. Az egyik kutatócsoport az UNIOESTE (State University of West Paraná) Bioüzemanyag Laboratóriumban végezte kísérleteit, amelyekhez a felhasználható mintákat a COPACOL vállalat biztosította. Egy-egy csomag körülbelül 5 kg-nyi frissen fagyasztott hal maradványt (fejeket, úszókat, bőrt, pikkelyeket, belsősegeket) tartalmazott, melyet a kifogás után másnap átadtak a laboratóriumnak [2].

Első lépésként nagy nyomáson, magas hőmérsékleten ($110 \pm 10^\circ\text{C}$) nagyjából másfél órán keresztül főzték a mintát, majd a masszát egy hengeres edénybe (3. ábra) öntve préselni kezdték azért, hogy a folyékony és szilárd részeket különválasszák egymástól. Az eljárás eredményeként húspogácsa (ami állatok takarmányozására használható) és olaj keletkezett.

¹ Coefficient of Variation: variációs koefficiens

² Minimum Significant Difference: minimális szignifikáns különbség



3. ábra Főzött halmaradványok sajtolása. **Error! Reference source not found.**

A folyékony komponens abban az állapotában nyersolajat és vizet tartalmazott. Az utóbbi összetevőt ki kellett vonni a kapott elegyből, így magát a folyadékot 24 órán keresztül 60 ± 10 °C-on szárították. Ezt az eljárássort négyszer végezték el. [2]

Más kutatócsoportok is hasonló eljárással nyertek ki halolajat fel nem használt halrészekből. A tilápiából nyert olajat először semlegesítették 16%-os NaOH oldattal, majd forró keverőedénybe helyezték, és felmelegítették 60 °C fok felé. Ezután papírszűrő segítségével átszűrték, amely felfogta a szerves részeket. Az így kapott oldatot 8 órán át pihentették. Ez alatt a kivált glicerin réteget képezett az edény alján, míg a biodízel az előbb említett anyag felé került. A létrejött üzemanyagot még háromszor mosták át forró vízzel, végül egy kemencében 85 °C-on 48 óra hosszan keresztül szárították. Továbbiakban ezt az elegyet vetették alá különböző vizsgálatoknak [4].

A tilápia átlagos olajhozamának (R), meghatározására az alábbi képletet használták [2]:

$$R = 100 \cdot (m_0 / m_r) \text{ [%]}$$

ahol m_0 : olaj tömege [g] és m_r : a halmaradvány tömege [g].

A metódusok folyamán létrejövő halolaj még nem megfelelő arra, hogy rögtön üzemanyagként felhasználják, így transzészterezésnek³ kell alávetni, amelynek eredményeként a biodízel tulajdonságai hasonlónak válnak a hagyományos dízel üzemanyagokéhoz.

Több vizsgálatot kell végrehajtani a halolajon, azért, hogy megállapítható legyen, megfelelő alapanyaga-e a biodízelnél. A legfontosabb jellemzőit (pl. sűrűség, kinematikai viszkozitás, víz- és savtartalom, lobbanáspont, oxidációs stabilitás, fűtőérték stb.) laboratóriumi mérések segítségével vetik össze az előírt üzemanyag nyersanyag szabvánnyal. Brazíliában a Nemzeti

³ Transz-észterifikálás vagy hidrolízis legalább 200 °C-os hőmérsékleten, legalább 20 percig nyomás alatt (glicerin, zsírsavak és zsírsav-észterek előállítása). A transzészterezés viszonylag egyszerű kémiai folyamat, de a legmagasabb szintű ipari szabványokat kell betartani a biodízel jó minőségének biztosítása érdekében. *eur-lex.europa.eu*

Kóolaj Ügynökség (National Petroleum Agency – ANP) felügyeli, a Brazil Nemzeti Szabványügyi Szervezet (The Brazilian National Standards Organization – ABNT) írja elő, természetesen figyelembe véve a nemzetközi szabványokat is (ASTM, ISO, CEN) a biodízel minőségét [4].

Az alábbi paramétereket analizálták a brazil kutatók a halolaj elemzésénél:

- **Savtartalom:** magas érték esetén a transzészterezést negatívan befolyásolja, tehát semlegesíteni szükséges a létrehozott halolajat, továbbá ez a mutató ronthatja a belőle előállított üzemanyag minőségét, illetve felhasználáskor a motorban korróziót indíthat el. A brazil kutatócsoport háromszor hajtotta végre az elemzést a mintákon, összhangban az Adolfo Lutz Intézet⁴ által előírt analitikai normákkal [2][4].

Halrész	Savtartalom [mg KOH/g]	C.V. (%)	M.S.D.
úszók	0,10	15,12	0,010
fejek	0,10	10,87	0,008
vegyes	0,86	45,68	0,276
belsőségek	2,67	5,25	0,107

2. táblázat Különböző halrészekből kinyert halolaj savtartalma [3]

- **Sűrűség:** mérésére üvegből készült sűrűségmérőt használtak, amelyet egy 1000 ml-es üveghengerben helyeztek el. Ezzel a mérőeszközzel olyan anyagok elemezhetőek, amelyek 15 °C és 35 °C között folyékonyak. A kísérletek során a környezet hőmérséklete 20 °C, és a kapott értékek 850 és 900 kg/m³ között voltak [4].
- **Kinematikai viszkozitás:** megállapításához olyan viszkozimétert használtak, amely átlátszó és átláthatatlan folyadékok elemzésére is megfelel. 40 °C-os vízfürdőbe helyezve a mérőműszert (4. ábra) mérték azt az eltelt időt, amely alatt az üvegkapillárisokon át a gravitáció segítségével lecsorgott a halolaj minta [4].



4. ábra Cannon-Fenske viszkoziméter **Error! Reference source not found.**

- **Lobbanáspont:** megállapításához a kísérletet huzatmentes helyen végezték kevés fény mellett, hogy a keletkező láng látható legyen. Kezdetben a halolaj hőmérséklete magasabb volt, mint a gyújtólángot szolgáltató fémlemezé, amely értéket egy ideig állandó

⁴ Brazil Egészségügyi Minisztérium Nemzeti Közegészségügyi Analitikai Laboratóriuma Sao Paulóban

szinten tartottak. Ezután 2 °C-onként csökkentve a minta hőfokát a felszíne felett óránként húztak el körkörösén. A minta lobbanáspontja az a legalacsonyabb hőérték lett, amelynél a gyújtóláng párolgást idézett elő az olaj felszínén [4].

- **Oxidációs stabilitás:** méréséhez 3 g mintát öregítettek légáramban (10 l/h) 110 °C-on egy mérőcellába helyezve, amelyet desztillált, ioncserélt vízzel tápláltak (5. ábra). A kísérlet 6 óra hosszúra tartott a brazil szabvány előírások alapján, és a vezetőképességet mérték az idő múlásával [4].



5. ábra Metrohm Rancimat 873 biodízel oxidációs stabilitásának meghatározására szolgáló mérőkészülék **Error!**
Reference source not found.

Fűtőérték (alsó fűtőérték): meghatározására kaloriméter-bombát használtak, 0,5 gramm mennyiségű mintát elemezve szobahőmérsékleten, 30 bar túlnyomásoson. A mérés befejeztével ellenőrizték a kutatók, hogy teljesen lezajlott-e az égés. A kapott érték a felső fűtőérték lett, amelybe beleszámít az égésnél keletkezett vízgőz kondenzációs hője is. Az alsó fűtőérték (ICP) az alábbi egyenlettel számolták ki:

$$ICP = SPC - 3,052$$

ahol

ICP: inferior calorific power (alsó fűtőérték), [MJ/kg],

SCP: superior calorific power (felső fűtőérték), [MJ/kg] [4].

A brazil kutatók a halolaj fizikai, kémiai tulajdonságainak elemzése után a 3. táblázatban bemutatott értékeket kapták:

Tulajdonságok	Halolajból készült biodízel	ANP ⁵ által javasolt határok
fajlagos tömeg 20°C-on [kg/m ³]	877	850–900
kinematikai viszkozitás 40°C-on [mm ² /s]	5,34	3,0–6,0
víz tartalom [mg/kg]	95	500-ig
savtartalom [mg KOH/g]	0,19	max. 0,50
gyulladáspont [°C]	145	min. 100,0
oxidációs stabilitás 110°C-on [H]	8,7	min. 6
alsó fűtőérték [MJ/kg]	35,479	szabvány által nem meghatározott
felső fűtőérték [MJ/kg]	38,531	szabvány által nem meghatározott

⁵ National Petroleum Agency, Nemzeti Kőolaj Ügynökség

3. táblázat A halolaj fizikai, kémiai analízise során kapott eredmények. [3]

Továbbá meghatározták a termelési kapacitásokat is (4. táblázat):

Halrészek	Termelési kapacitás [1 olaj.tonna maradvány ⁻¹]	Termelési kapacitás [1 biodízel.tonna maradvány ⁻¹]
belsőségek	220,2	198,3
fejek	92,3	83,3
vegyes	61,2	54,8
úszók	43,3	35,0

4. táblázat A tilápia különböző részeiből kinyerhető lehetséges és becsült olaj illetve bioüzemanyag mennyiség [3]

Összefoglalás

A tilápia közkedvelt és könnyen tenyészthető halfajta, nem hiába van jelen nagy számban a brazil halfeldolgozásban is. Emberi fogyasztásra csak a filéjét használják, így tetemes mennyiségű hulladék keletkezik feldolgozása közben. E halmaradványok további hasznosítása nem csak gazdasági előnyt eredményez, mint egy fajta bioüzemanyag létrehozása, illetve az ebből történő import csökkentése (függetlenedés a külföldi piactól), hanem környezetvédelmi szempontból is előnyös eljárás, mivel nem kerül vissza a természetbe kezeletlen ipari hulladék.

A kutatások alapján megállapítható, hogy a tilápia különböző részeiből előállított halolaj az ANP üzemanyag szabványában a kémiai és fizikai tulajdonságokra előírt normáknak megfelel, így dízel motorokban alkalmazható. Látható az összefoglaló táblázatokból, hogy a legtöbb biodízel üzemanyag alapanyagot a hal belsőségei biztosítják, bár ennek a legmagasabb savtartalommal is, de ez utóbbi megfelelő eljárással csökkenthető, illetve semlegesíthető.

Megjegyzésképpen Hondurason évi 8000 tonna hulladék keletkezik a tilápia feldolgozásából, amelyből 1,4 millió liter biodízelt állítanak elő, vagyis egy kilogrammnyi hal maradványból 0,18 liter bioüzemanyag nyerhető ki [2].

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] ÓVÁRI GY., SZEGEDI P.: Alternatív tüzelőanyagok alkalmazásának lehetőségei a repülésben. *Repüléstudományi Közlemények*, XXII. 2. (2010), 1-29. http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2010_cikkek/Ovari_Gyula-Szegedi_Peter.pdf (2016. 09. 09.)
- [2] MARTINS, G. I., SECCO, D., TOKURA, L. K., BARICCATTI, R. A., DOLCI, B. D., SANTOS, R. F.: Potential of tilapia oil and waste in biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42 (2015), 234-239. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114008375> (2016.08.16.)
- [3] Leading Biodiesel Production Countries. (online) url: <http://carlosstjames.com/wp-content/uploads/2016/06/Leading-Biodiesel-Production-Countries.png> (2016. 09. 22.)
- [4] MARTINS, G. I., SECCO, D., ROSA, H. A., BARICCATTI, R. A., DOLCI, B. D., MELEGARI DE SOUZA, S. N., SANTOS, R. F., BENETOLI DA SILVA, T. R., GURGACZ, F.: Physical and chemical properties of fish oil biodiesel produced in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42 (2015), 154-157. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114008417> (2016. 08. 16.)
- [5] Brazilian aquacultural production in 2015 per species, in percentages of the total. (online) url: <https://www.embrapa.br/documents/1355321/1529151/agri.png/9f8a4c28-adb5-4f28-82af-1a1ee4e84e65?t=1481302307192> (2016. 09. 23.)
- [6] Cannon-Fenske Routine Viscometer. (online) url: http://www.lauda.de/shop/media/wehlmann/cache/catalog_category/0/11823/2066/228x228.png (2016. 09. 23.)
- [7] Methrom Rancimat 873. (online) url: http://easydb.metrohm.com/eas/partitions-inline/2/0/13000/13081/67b536fd24a32d1e7813ba914c68f9d6929e020e/image/jpeg/2227_s.jpg (2016. 09. 30.)

Biodiesel fuel production using fish oil in Brazil

The largest country of South America try to decrease its energy dependency from foreign import producing biofuel. In the previous years they produced biodiesel and bioethanol using different seeds and sugarcane but recently they have oriented to fish oil. In Brazil large amount of farm-bred tilapia fish is produced using only their fillet, while the other parts of the fish are simple industrial waste. In Brazilian universities new researches started for the salvage of the earlier dropped offal, skin, fish scales and fins. Analysing the physical and chemical parameters of this waste it was proved that the fish oil earned from different part of tilapia can be a suitable substance for biodiesel production. Introducing this technology they could decrease the environmental contamination and additionally they produce alternative fuel.

Keywords: *biofuels, biodiesel, tilapia, fish oil*

ROZOVICSNÉ Fehér Krisztina (MSc)
tanársegéd
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztoképző Kar
Katonai Repülő Intézet
Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék
rozovicsne.fehér.krisztina@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-5057-733X

ROZOVICSNÉ Fehér Krisztina (MSc)
Assistant professor
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Aviation
Department of Aircraft and Engine
rozovicsne.fehér.krisztina@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-5057-733X



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_3/2016-3-10-0358_Rozovicsne_Feher_Krisztina.pdf